

RECEIVED PCT/PTO

03/04 JV

01 JUN 2005

#2

DE03/4014

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 26 JAN 2004  
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 57 098.1

**Anmeldetag:** 05. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** X-FAB Semiconductor Foundries AG, 99097 Erfurt

**Bezeichnung:** Verfahren und Anordnung zum Erzeugen hermetisch  
dicht geschlossener dielektrisch isolierender Trenn-  
gräben(trenches)

**IPC:** H 01 L 21/762

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

Verfahren und Anordnung zum Erzeugen hermetisch dicht geschlossener dielektrisch isolierender Trenngräben (trenches)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Herstellung von dielektrisch voneinander isolierten Strukturen mittels verfüllter, hermetisch dicht geschlossener Isolationsgräben zur Erzeugung von mechanisch - elektrischen Sensorstrukturen, die für ihre Funktion einen hermetisch dichten Hohlräum benötigen, in dem sich die beweglichen Sensorelemente befinden. Die gewöhnlichen Trenngräben zur dielektrischen Isolierung verschiedener elektronischer Schaltungsteile voneinander erfüllen nicht automatisch die Bedingungen für die Herstellung von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS), bei denen die Ausbildung der Hohlräume für die mechanisch beweglichen Sensorelemente auch über voneinander grabenisierte Schaltungen, bzw. Schaltungsteile hinweg notwendig ist.

Verfüllte Grabenstrukturen werden eingesetzt zum Beispiel zur dielektrischen Isolation von Hochvolt-elementen (siehe DE 19 828 669 A1) oder zur dielektrischen und kapazitätsarmen Isolation bei integrierten HF-Elementen und zur Erzeugung isolierter Bereiche für elektromechanische Strukturen (siehe DE 10 029 012 C2). Verfüllte Grabenstrukturen werden vorzugsweise für SOI – Scheiben als auch für einkristalline Halbleiterscheiben zur dielektrischen Rundum-Isolation von Source-/Drain-Bereichen in CMOS-Schaltung verwendet (siehe DE 19 706 789 A1).

Die elektrischen, mechanischen sowie thermischen Anforderungen an derartige Grabenstrukturen und deren Verfüllung sind je nach Technologie und den nachfolgenden erforderlichen technologischen Schritten (z.B. Integration in eine CMOS-Technologie) verschieden. Daher werden auch verschiedene Materialien und Verfahren zum Verfüllen von derartigen elektrisch isolierenden Grabenstrukturen eingesetzt. Die angewendeten Materialen sind vorzugsweise Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Polysilizium oder organische Stoffe wie Polyimide. Im allgemeinen wird auf eine hohlraumfreie oder hohlraumarme Verfüllung Wert gelegt, um Gaseinschlüsse zu vermeiden. Die dafür erforderlichen Verfahrensbedingungen lassen sich jedoch nur selten mit denen einer hochintegrierten Schaltkreistechnologie in Einklang bringen und sind im Fall der Anpassung sehr aufwendig.

In den meisten Fällen werden Grabenformen gewählt, die entweder senkrechte Wände aufweisen oder sich nach unten hin V-förmig verengen, um ein hohlraumfreies Verfüllen zu erleichtern (z.B. Patent number JP 2002100672 A: „Forming method of isolation trench“)

Die fortgeschrittene Entwicklung auf diesem Gebiet bezieht mechanisch elektrische Strukturen in den komplexen Halbleiterproduktionsprozess (z.B. mit CMOS-Technologie) mit ein und erfordert so die

Realisierung von hermetisch dichten Hohlräumen (Kavitäten) für die Funktionalität dieser mechanisch beweglichen Strukturen (siehe DE 100 179 756 A1). Beim Auffüllen des Grabens kommt es leicht zur kanalähnlichen Hohlräumen im Innern des Grabens durch ein schnelleres Zusammenwachsen des Füllmaterials an der Grabenoberseite, das von den oberen Grabenkanten ausgeht. Die Hohlräume können die Grenze des hermetisch dicht geforderten Sensorhohlraumes durchtunneln und damit über die Schädigung des eigentlichen Sensorelementes zum Ausschuß des Bauelementes führen.

Für besondere Anforderungen an die Grabengeometrie, wo senkrechte Seitenwände oder V-förmige Querschnitte nicht realisierbar sind und unterschnittene Kanten zugelassen sind, muß nach neuen Lösungen gesucht werden.

Zweck der Erfindung ist die Beseitigung der geschilderten Mängel beim Verfüllen von Isolationsgräben mit gewöhnlichen Querschitten, die mit den beim Verfüllen entstehenden lateral durchgängigen Hohlräumkanälen zusammenhängen, mit dem Ziel der Gewährleistung hermetischer Dichtigkeit der Hohlräume für die mechanisch-elektrischen Sensorstrukturen in Verbindung mit dem hermetisch dichten Scheibenbonden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein möglichst einfaches und kostengünstiges Verfahren anzugeben, das ein hermetisch dichtes Verschließen möglicher, sich in lateraler Richtung ausdehnender, beim Verfüllen der Isolationsgräben entstehender Hohlräumkanäle gewährleistet und das es erlaubt, derartig bearbeitete Scheiben in einem gewöhnlichen CMOS-Prozess weiter zu prozessieren.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß an definierten Stellen im Grabenverlauf jeweils in einem kurzen Bereich der Graben um einen geringen Betrag verbreitert wird (Dichtpunkte) und zum Verschließen ein Abscheideverfahren für die Ablagerung des Füllmaterials eingesetzt wird, welches annähernd mit Vakuum arbeitet (Niederdruckabscheidung). Die Dichtungspunkte können je nach Anforderungen mehrfach wiederholt werden. Das Prinzip der Abdichtung erfolgt auf Basis einer 3-dimensionalen Verfüllung im Bereich des Dichtungspunktes. Die Stellen des verbreiterten Grabens bleiben bei der Schichtabscheidung zur Verfüllung des Grabens länger frei (offen) als die sich unmittelbar anschließenden Grabenbereiche mit normaler Breite. Wenn beim Verfüllen sich der normale Graben nach oben schließt und bereits restliche parasitäre Hohlräume verblieben sind, gibt es normalerweise keine Chance mehr, weiteres Material zur Auffüllung dieser verbliebenen Hohlräume heranzuführen. Erfindungsgemäß wird jedoch aus dem verbreiterten Grabengebiet, was zu diesem Zeitpunkt noch offen ist, nun auch eine seitliche Abscheidung in lateraler Richtung des Grabenverlaufs

erfolgen. Diese seitliche Abscheidung bewirkt nun eine Verfüllung in die verbliebenen Hohlräume von der Stirnseite her (3-dimensionale Verfüllung) und verstopft nun den Hohlraum im normal breiten Kanalgebiet von der Längsseite her, ehe auch die etwas breitere Kanalstelle langsam nach oben zuwächst, wo naturgemäß nun ein etwas größerer restlicher Hohlraum entsteht, der aber nicht stört, weil nach beiden Seiten und nach oben eine hermetische Abdichtung erfolgt. Mit dieser hermetischen Abdichtung wird erreicht, daß jeder nachträgliche Gasaustausch und damit die schädliche Eigenschaft des Gasdurchlasses bei lateral verlaufenden Hohlräumen in verfüllten Gräben verhindert werden kann. Das annähernd mit Vakuum arbeitende Schichtabscheideverfahren sichert die weitestgehende isotrope Verfüllung in den erweiterten Grabenabschnitten und sorgt in den parasitär verbleibenden Hohlräumen dafür, daß ein (nahezu gutes) Vakuum vorhanden ist. Da sich nunmehr (fast) kein Gas mehr in den hermetisch verschlossenen restlichen Hohlräumen befindet, können anschließend auch Hochtemperaturprozesse eingesetzt werden, ohne das Bersten solcher restlichen Hohlräume befürchten zu müssen.

An die Grabenform und Steilheit der Seitenwände werden bei dieser Verfahrensweise keine besonderen Anforderungen gestellt.

Die Bedeutung dieser erfindungsgemäß Lösung kommt vor allem dann zum Tragen, wenn verbleibende Hohlräume ohne zusätzlichen Aufwand beim Verfüllen nicht zu vermeiden sind.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Es bedeuten:

Fig.1 eine schematische Darstellung einer im Grabenverlauf eingefügten geringfügigen Kanalverbreiterung in Draufsicht.

Fig. 2a, 2b, 2c eine schematische Darstellung einer im Grabenverlauf eingefügten geringfügigen Verbreiterung, wobei die Grabengebiete der normalen Breite bereits nach oben hin verschlossen sind.

Fig. 3a, 3b die Grabenverfüllung in der geringfügigen Grabenverbreiterung und Verschließen der parasitär verbliebenen Hohlräume.

Fig. 4a, 4b, 4c, 4d das Ergebnis der Grabenverfüllung mit hermetischer Abdichtung der parasitär verbliebenen Hohlräume im Grabengebiet anhand verschiedener Grabenquerschnitte an unterschiedlichen Stellen des Grabens.

Fig.1 zeigt die Grabenverbreiterung (2), die mit beiden Seiten an das normal breite Grabengebiet (1) angrenzt. Der Übergangsbereich (3) zwischen beiden Grabenregionen soll konisch erfolgen.

In den Fig. 2a, 2b, 2c ist schematisch die Schichtabscheidung an den Seitenwänden (4) dargestellt. Die Abscheidung (siehe schwarze Pfeile, Fig.2c) findet gleichermaßen an den Seitenwänden (4) im Bereich

der geringfügigen Grabenverbreiterung (2) statt, Fig. 2b, nachdem im Gebiet (1) bereits die Gräben nach oben verschlossen sind und ein kleiner Hohlraum/Kanal (5) entstanden ist, Fig. 2a. Die Gräben befinden sich innerhalb der Silizium Umgebung (10).

Fig. 3a, 3b zeigen eine schematische Darstellung einer im Grabenverlauf (1) eingefügten geringfügigen Grabenverbreiterung (2), Fig. 3a, wobei die Grabengebiete mit der normalen Breite (1) bereits nach oben hin verschlossen sind. In dieser Phase werden nur noch die Seitenwände (4) in der Grabenverbreiterung (2) beschichtet und es erfolgt auch die erfindungsgemäße seitliche Verfüllung der parasitär verbliebenen Hohlräume an der Stelle der seitlichen Verfüllung (6), Fig. 3b.

Die Dimensionierung des Abscheidungsprozesses und der Grabenanordnung erfolgen derart, daß eventuell verbleibende seitliche Hohlräume völlig abgedichtet sind, bevor sich der Grabenabschnitt mit der geringfügigen Verbreiterung noch oben hin schließt, und damit eine weitere Verfüllung nicht mehr stattfinden kann.

Fig. 4a, 4b, 4c, 4d zeigen schematisch das Ergebnis nach abgeschlossener Grabenverfüllung, Fig. 4a, anhand von 3 Querschnittsbildern.

Fig. 4b: Schnitt D zeigt den kleineren verbliebenen Hohlraum (5) im normalen Grabengebiet,

Fig. 4c: Schnitt E zeigt den erfindungsgemäß hermetisch dichten Verschluß im Bereich des konischen Übergangsbereiches (3).

Fig. 4d: Schnitt F zeigt den etwas größeren verbliebenen Hohlraum (7) im Bereich der geringfügigen Grabenverbreiterung (2).

## Bezugszeichenliste

### Fig.1

- 1: zu verfüllendes Grabengebiet
- 2: geringfügige Grabenverbreiterung
- 3: Konischer Übergangsbereich

### Fig. 2a, 2b, 2c

- 1: zu verfüllendes Grabengebiet
- 2: geringfügige Grabenverbreiterung
- 4: Seitenwände der geringfügigen Grabenverbreiterung
- 5: Kleiner verbleibender Hohlraum in Bereich des normalen Grabengebietes
- 9: Material, mit dem der Graben verfüllt ist
- 10: Silizium Umgebung
- Schwarzer Pfeil: Richtung der Schichtabscheidung

### Fig. 3a, 3b

- 1: zu verfüllendes Grabengebiet
- 2: geringfügige Grabenverbreiterung
- 3: Konischer Übergangsbereich
- 4: Seitenwände der geringfügigen Grabenverbreiterung
- 5: Kleiner verbleibender Hohlraum in Bereich des normalen Grabengebietes
- 6: Stelle der seitlichen Verfüllung
- 9: Material, mit dem der Graben verfüllt ist
- 10: Silizium Umgebung
- Schwarzer Pfeil: Richtung der Schichtabscheidung

### Fig. 4a, 4b, 4c, 4d

- 1: zu verfüllendes Grabengebiet
- 2: geringfügige Grabenverbreiterung
- 3: Konischer Übergangsbereich
- 5: Kleiner verbleibender Hohlraum in Bereich des normalen Grabengebietes
- 6: Stelle der seitlichen Verfüllung
- 7: Stelle der hermetischen Abdichtung im Bereich der konischen Übergangszone

- 8: Etwas größere verbleibender Hohlraum in Bereich der geringfügigen Grabenverbreiterung
- 9: Material, mit dem der Graben verfüllt ist
- 10: Silizium Umgebung

## Ansprüche

1.

Verfahren und Anordnung zum hermetisch dichten Verschließen von dielektrisch isolierenden Trenngräben (trenches) durch Füllen der Gräben mittels eines Abscheideverfahrens, dadurch gekennzeichnet, daß die Gräben an bestimmten Stellen geringfügig verbreitert werden und ein Niederdruck-Abscheideverfahren so eingesetzt wird, daß die sich beim Füllen im Bereich der normal breiten Gräben durch Schließen der oberen Grabenbereiche mit Füllmaterial bildenden Hohlraumkanäle in Längsrichtung des Grabens durch Niederdruckmaterialabscheidung aus dem verbreiterten Grabenbereich in Grabenlängsrichtung hermetisch dicht verschlossen werden.

2.

Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die verbreiterten Grabenstellen in der Nähe der Verbindungsflächen der beiden Halbleiterscheiben beim Scheibenboden dichter angebracht werden als entlang der anderen Teile der Isolationsgräben.

3.

Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die verbreiterten Grabenstellen in regelmäßigen Abständen angebracht werden.

## Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren und eine Anordnung angegeben, das hermetisch dichte gefüllte Isolationsgräben herzustellen, wie sie bei der Erzeugung von modernen MEMS mit Sensorkomponenten in hermetisch dicht abgeschlossenen Hohlräumen nötig sind. Das wird durch eine geringfügige Verbreiterung des Isolationsgrabens an definierten Stellen (Dichtpunkte) und den Einsatz eines Niederdruck-Abscheideverfahrens für das Grabenisolationsmaterial erreicht. Die Dichtpunkte sorgen für das seitliche Verschließen von im normal breiten Graben verbliebenen Hohlkanälen in Längsrichtung des Grabens. Das Abscheideverfahren sorgt für annähernd isotrope Materialabscheidung und dafür, daß in den verschlossenen Hohlräumen kein gefahrdrohend hoher Gasrest zurückbleibt.

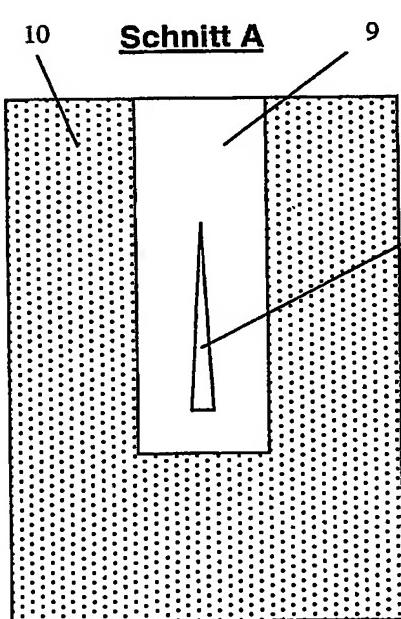
**Fig.1**  
Kanal mit geringfügiger Kanalerweiterung



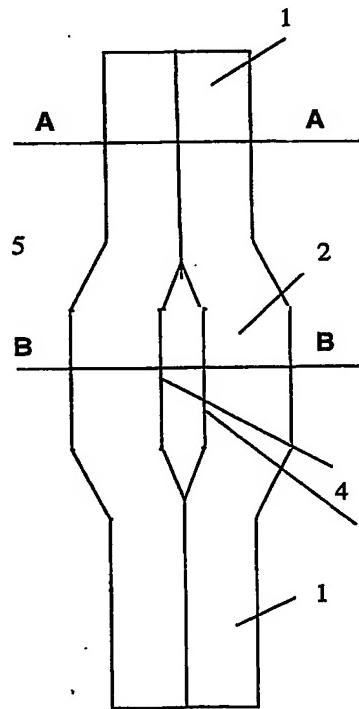
**Fig. 2**

Schichtabscheidung erfolgt nur noch im geringfügig verbreiterten Kanalgebiet

**Fig. 2a**



**Fig. 2b**



**Fig. 2c**

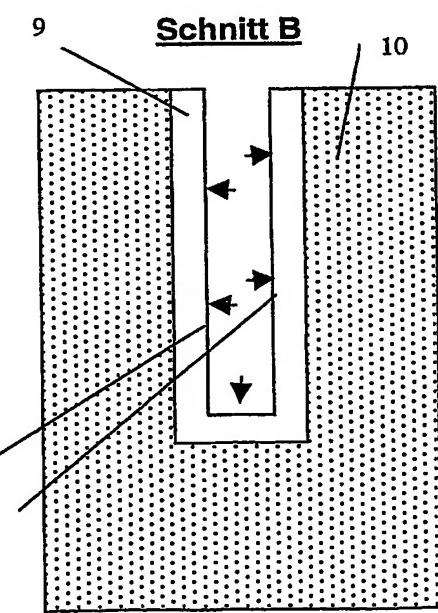


Fig. 3

**Schichtabscheidung erfolgt nur noch im geringfügig verbreiterten Knanalgebiet mit besonderem Augenmerk auf die seitliche Verfüllung der restlichen verbliebenen Hohlräume**

Fig. 3a

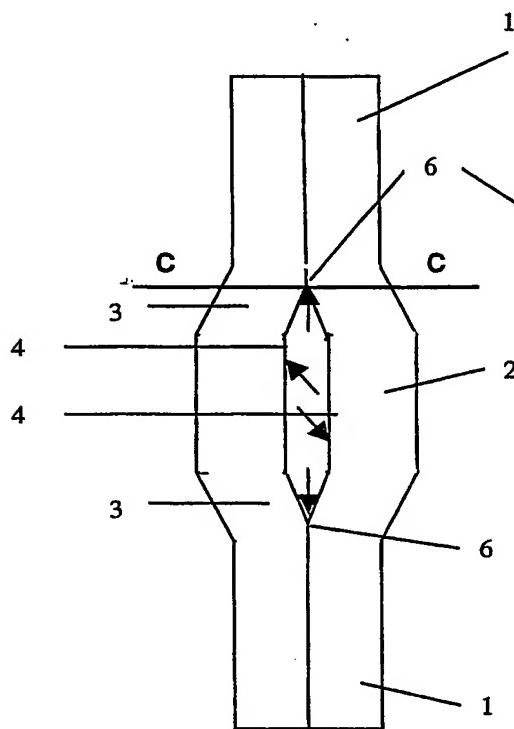
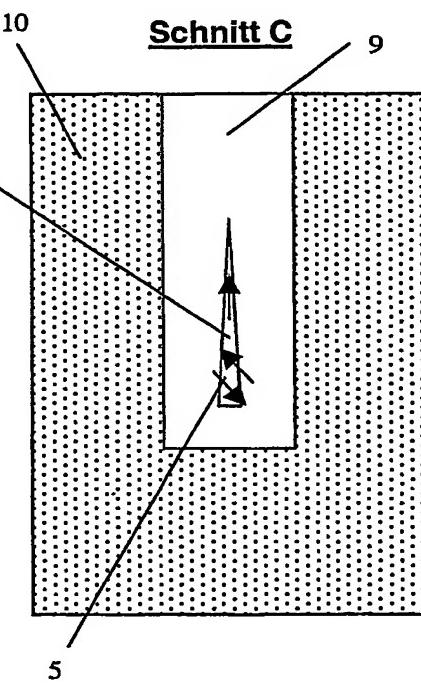
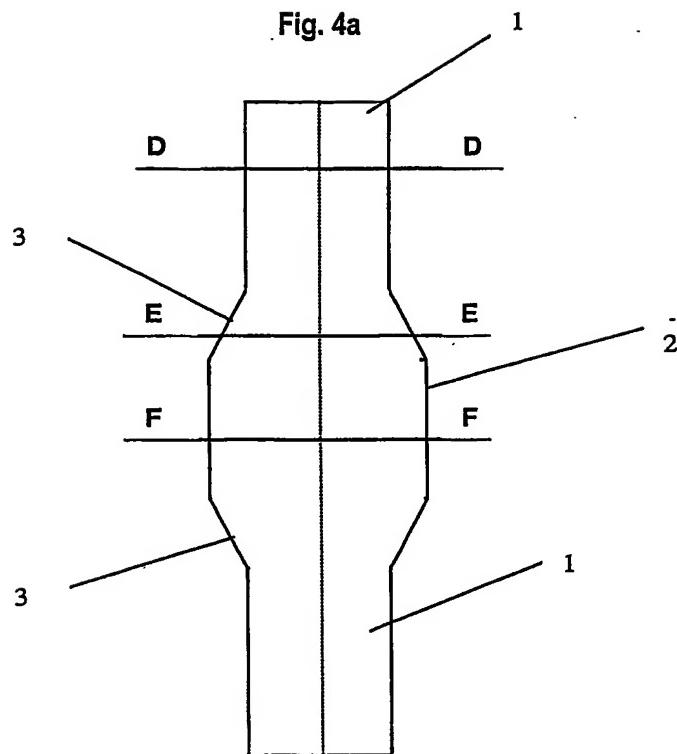


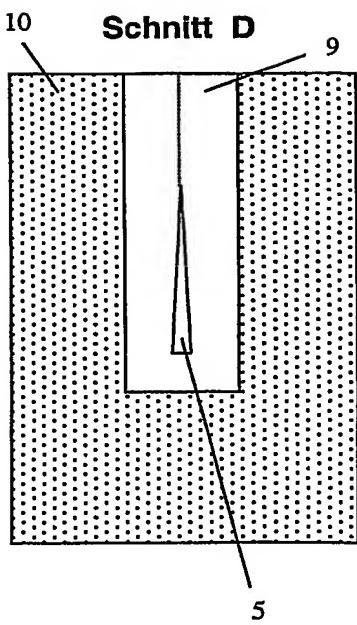
Fig. 3b



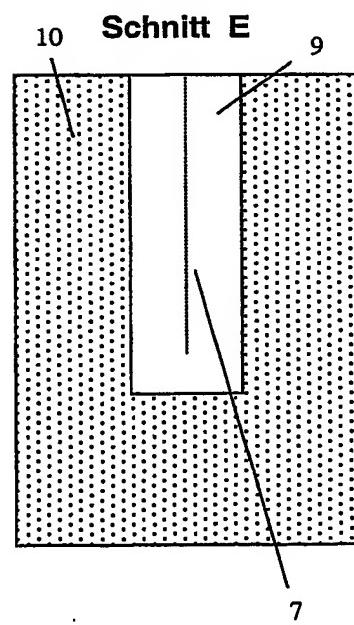
**Fig. 4**  
**Ergebnis**



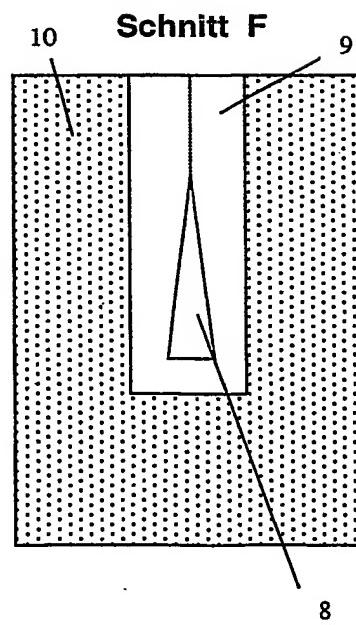
**Fig. 4b**



**Fig. 4c**



**Fig. 4d**



\*\*\*